

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES COURS D'EAU DU PLATEAU FRIBOURGEOIS

RAVINS ET TÊTES DE RAVINS

OPPOSITION TOPOGRAPHIQUE ET RELATION MORPHOLOGIQUE
DE CES DEUX MODELÉS A LEUR POINT DE CONTACT

THÈSE

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Fribourg en Suisse

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Laurent-Joseph ROMAIN

de FUMEL (France)



DIJON

IMPRIMERIE BARBIER — LÉON MARCHAL, S^r

5, RUE DOCTEUR-CHAUSSIER, 5

(Place Darcy)

1908



Digitized by the Internet Archive
in 2026

RAVINS

ET

TÊTES DE RAVINS

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES COURS D'EAU DU PLATEAU FRIBOURGEOIS

RAVINS ET TÊTES DE RAVINS

OPPOSITION TOPOGRAPHIQUE ET RELATION MORPHOLOGIQUE
DE CES DEUX MODELÉS A LEUR POINT DE CONTACT

THÈSE

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Fribourg en Suisse

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Laurent-Joseph ROMAIN

de FUMEL (France)



DIJON
IMPRIMERIE BARBIER -- LÉON MARCHAL, S^r
5, RUE DOCTEUR-CHAUSSIER, 5
(Place Darcy)

1908

CURRICULUM VITAE

LAURENTIUS-JOSEPHUS ROMAIN

Fumel (Lot-et-Garonne)

in Gallia natus die 7^a Julii MDCCCLXXVIII parentibus Josepho
Romain et Maria-Magdalena Bouygues.

Anno MDCCCLXXX Burdigalam petiit ubi

Anno MDCCCXCI Gymnasium viæ de Pessac frequentavit.

Anno MDCCCXCVI in Gymnasio Sancti-Petri Bourg (Ain)
Rhetoricae studuit.

Anno MDCCCXCVII Philosophicas disciplinas in Majori
Seminario Burdigalens ecoluit.

Anno MDCM Burdigalæ primum Theologiæ studuit, deinde
Friburgi Helvetiorum almæ Universitatis Theologiæ Facultati
adscriptus et postea,

Anno scilicet MDCMIV, Rerum Naturalium Facultati coopta-
tus, Philosophiæ Naturalis Licentiatus evasit mense Julio anni
MDCMVI.

Anno vero MDCMVII die 13 Julii ejusdem disciplinae Doc-
toratus examina *magna cum laude* superavit.

INTRODUCTION

Le titre de ce travail indique son double objet.

C'est, d'abord, une étude de géographie physique portant sur un détail du *modelé* par les eaux courantes ; c'est, ensuite, un essai de représentation graphique des faits étudiés.

Si l'on n'a pas, dans le corps du travail, séparé ces deux parties, c'est que la seconde est une nouvelle *expression* de la première, sa *formule*, pour ainsi dire.

Il est incontestable, en effet, que la topographie est la seule *expression*, la seule *formule* convenable du fait géographique et de la *loi* ou des *lois* qui régissent l'existence de ce fait.

D'autre part, la connaissance de ces lois par l'étude positive et le classement par groupes définis des faits géographiques s'impose rigoureuse-

ment à la topographie, qui s'affranchira de la sorte de scrupules inintelligents et n'en deviendra que plus soucieuse d'exactitude et de vérité.

Les graphiques annexes du *levé* proprement dit, tels que *profils en long*, *coupes en travers*, *croquis schématiques* jouent un rôle de démonstration trop important pour que nous les ayons négligés.

Nous nous sommes servi, pour les levés topographiques, de la règle à éclimètre du colonel du génie Goulier, exécutée par la maison Tavernier-Gravet, de Paris, et d'une planchette déclinée, montée sur un dispositif de trois vis calantes.

Quelque imparfait qu'il soit, ce travail est un essai de réalisation de la méthode géographico-topographique de MM. les professeurs Jean Brunhes et Paul Girardin. Voici les grandes lignes de cette méthode.

a) Recherche attentive sur le terrain et analyse des phénomènes dans leurs manifestations les plus communes et les plus simples ;

b) Représentation de ces phénomènes au moyen d'instruments qui réunissent au plus haut degré la précision et la simplicité ;

c) Interprétation du détail observé au point de vue des lois de la géographie physique ;

d) Influence, s'il en existe une, de l'homme comme agent modificateur du phénomène.

On retrouvera ces préoccupations dans la suite de cette étude que l'on a divisée en trois parties :

1° Oppositions topographiques qui existent entre le ravin et sa cuvette d'alimentation ou tête du ravin ;

2° Relations morphologiques de ces deux modèles ;

3° Question de géographie humaine : la tête de ravin et la route.

PREMIÈRE PARTIE

Oppositions topographiques qui existent entre les parties extrêmes d'un ravin.

La vallée de la Sarine est remarquable par les nombreux méandres dont elle festonne le plateau suisse sur une longueur d'environ 80 kilomètres, à vol d'oiseau, de Pont-la-Ville à Bösingén.

Cette partie, creusée dans la mollasse du plateau, forme un cañon d'un type spécial, le type des cañons à méandres. Dans ces cañons, le même versant de la vallée passe alternativement des formes les plus adoucies de la rive convexe aux allures les plus raides de la rive concave, d'un relief au-dessus des eaux, à peu près nul, à la falaise à pic, ou même à parois surplombantes, d'une hauteur qui, à certains endroits, atteint 100 mètres.

Malgré la profondeur de son chenal, la Sarine n'est pas isolée des eaux du reste du pays. Outre la Serbache, la Gérine, la Glane, le Gotteron et la

Sonnaz, qui, dans la section considérée, lui apportent en tribut les eaux de vallées assez considérables, la Sarine reçoit encore une quarantaine de cours d'eau de moindre importance dont la longueur varie entre deux et cinq kilomètres.

Ces rivelets sont des quantités à peu près négligeables au point de vue de leur débit moyen. La plupart ne portent pas de nom spécial : tout au plus si dans la partie de langue allemande on leur donne le nom à peu près commun de *Graben*.

Cependant la fonte des neiges, ou une pluie de quelque importance, peut les faire passer en moins d'une heure de l'état de *vallée sèche* à celui de torrents tapageurs et actifs, affouillant leurs rives, charriant de lourds matériaux et creusant dans la mollasse, pour atteindre leur *niveau de base* qui est le lit de la Sarine, des cañons d'une remarquable hardiesse.

Le caractère nettement torrentiel de ces « Rios » ⁽¹⁾ est, sans aucun doute, d'une influence prépondérante sur le modelé spécial de leur vallée inférieure, appelée *ravin* dans la partie française et *graben* dans la partie allemande du pays.

Depuis les études de M. le professeur Dr Brunhes sur le mécanisme de l'*Erosion par les eaux courantes* ⁽²⁾ et spécialement pour le point qui nous

(1) Le mot de « Rio », fréquemment employé au cours de cette étude, appartient au patois romand et désigne expressément les petits cours d'eau dont nous nous occupons.

(2) J. BRUNHES. *De Vorticum Opera*. Fribourg, Saint-Paul, 1902. *Sur quelques phénomènes d'érosion et de corrosion fluviales*, in *Comptes-rend. Acad. Sc. de Paris*, 14, II, 1898.

intéresse, depuis son étude des *Marmites* ⁽³⁾ dans le canal de décharge du barrage de Fribourg, il nous est facile de concevoir que des cours d'eau si minimes en temps ordinaires aient pu creuser dans la mollasse les brèches profondes qui entaillent quatre fois dans Fribourg même les parois du cañon de la Sarine.

La rapidité de l'action tourbillonnaire sur une roche telle que la mollasse permet d'attribuer sans conteste au travail de ces rios le forage de leur cañon.

Quant à la résistance opposée par ces parois à la loi de la *Rotation des versants*, nous croyons qu'il faut l'attribuer à la puissance de cohésion de la masse mollassique et à la façon ordinaire dont elle se débite sous l'influence des agents ordinaires d'érosion.

Assez peu sensible à l'effritement par gel et dégel, la paroi du cañon mollassique ne cède vraiment qu'au ruissellement superficiel et à l'affouillement inférieur de la rive. Dans ce dernier cas, elle cède en masse et par blocs énormes. La vallée s'élargit, à la vérité, mais dans la même mesure que le lit du cours d'eau, et ses flancs semblent fatalement destinés à rester des *versants debout*.

Si l'on remonte, le clisimètre à la main, l'un ou l'autre de ces graben au moment des basses

(3) J. BRUNHES. *Les Marmites du barrage de la Maigrange*, in *Bull. Société fribourgeoise des Sci. nat.*, VII, 1899.

eaux, on remarque que le *profil d'équilibre* est assez pur, que la pente au fond du lit ne dépasse généralement pas 10 à 12 p. 100, et n'est jamais, du moins pour les ravins que nous avons remontés dans toute leur longueur, inférieure à 3 p. 100.

A deux ou trois cents mètres environ de leur point de confluence avec la Sarine, une brusque *rupture de pente* termine les cañons. Nous n'avons pas atteint cependant les sources du rio. Au point où les deux parois de mollasse viennent se rejoindre pour fermer le graben, vers l'amont, une légère entaille laisse passage au cours d'eau ; et c'est désormais à travers une vallée très aplatie, aux formes très douces, que coule le rio. Nous sommes à la *Tête du Ravin*. Une opposition de formes si rapide, une succession si violente du modelé dans la même vallée et sous l'action du même cours d'eau méritent d'être exposées en détail pour quelques cas particuliers.

I. — Le rio du Petit Rome.

Au point de vue de l'étude qui nous occupe, ce rio est loin d'être un des plus caractéristiques. Des travaux d'art, routes, viaduc, carrières, ont déformé son cañon à peu près dans toute sa longueur. Sa vallée, néanmoins, est nettement divisée en deux parties au point où la traverse le chemin de Bonne-Fontaine, et la tête du ravin est assez intéressante à cause de son exceptionnelle longueur.

Si l'on remonte de quelques pas le chemin de Bonnes-Fontaines, depuis son point de jonction avec la route de Fribourg à Payerne, on se trouve dans d'excellentes conditions pour observer les deux formes opposées de la vallée.

A droite, le ravin s'enfonce très rapidement, à 35 mètres à peine du point d'observation le dénivellement est de 16 mètres, ce qui fait sur ce court espace une pente moyenne de plus de 45 p. 100.

A gauche et dans l'axe même du ravin, le modelé est tout différent. La vallée, très élargie, à profil transversal légèrement arqué, s'étend à perte de vue du côté de la Chassote et du Chandolan. Les sources du rio étant situées sur la lisière de la forêt de Moncor, à une altitude de 700 mètres et à une distance du point d'observation de 2500 mètres, la dénivellation totale est de 55 mètres : c'est du 2 p. 100 en moyenne.

Or ces deux chiffres 2 p. 100 et 45 p. 100 sont des moyennes comptées sur un ensemble de sections d'allure variable. Le contraste, l'opposition de formes qu'ils accusent sont diminués dans le sens d'une exagération de pente vers l'amont, du moins pour la première partie de la tête du ravin.

Seul un profil longitudinal de la vallée et deux coupes transversales prises à égale distance de la rupture de pente du profil d'équilibre, peuvent donner de cette morphologie une idée exacte.

Ces trois épures ont été directement cotés sur le terrain au moyen de la planchette déclinée et de la règle-nivelle à pinnule de visée. L'équidistance

de 0^m50 centim. était lue sur une mire graduée dont la verticalité était contrôlée au moyen d'un fil à plomb. Quant aux distances, elles ont été chaînées exactement et projetées de suite au moyen d'une échelle de projection spécialement construite pour les levés au 1/1000. Les croquis ont ensuite été rapportés sur du papier millimétré avec les mêmes lignes de construction.

L'épure I est un profil longitudinal qui montre l'opposition des deux parties de la vallée dans le sens de la longueur. Les épures II et III font voir le contraste qui existe entre les versants de la vallée dans le ravin (III) et dans la tête du ravin (II).

Si le ravin est suffisamment caractérisé par les profils I et III, il n'en est pas de même de la tête du ravin.

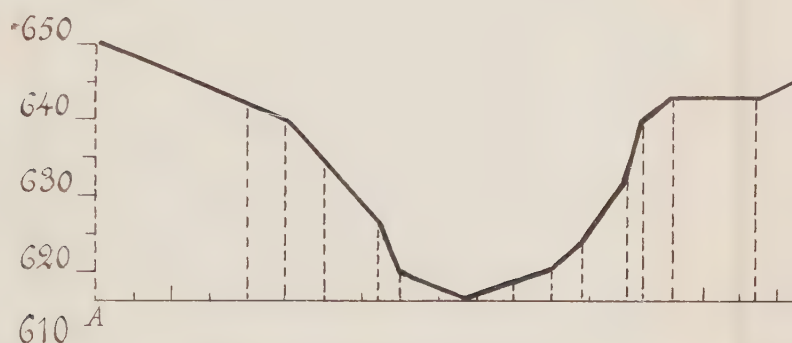
Loin d'être simple, son modelé est composé d'un certain nombre de détails qui, à vrai dire, échappent à un examen superficiel, mais qui une fois remarqués deviennent pour le géographe des éléments de première importance.

La topographie seule peut rendre ces détails.

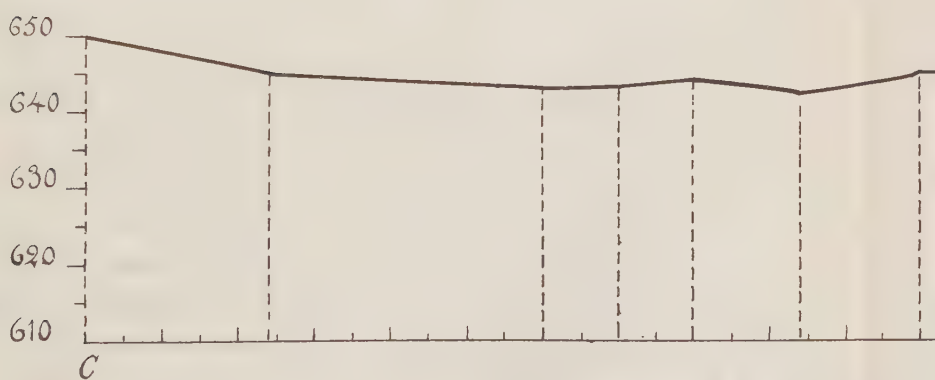
Le fait principal à retenir est celui-ci : la vallée supérieure ou tête du ravin se décompose en vallées secondaires de même forme, les unes complètement desséchées, les autres encore traversées par un filet d'eau, tributaire du ruisseau principal.

La tête du ravin de Petit-Rome est composée de six cuvettes distinctes qui s'échelonnent le

Epure II Profil transversal du Ravin de



Epure III Profil transversal de la Cête du Ravin



Echelle $\frac{1}{1000}$

long de la plus importante et ne s'en distinguent que par l'allure des courbes de niveau.

La première de ces cuvettes descend de Bonnes-Fontaines, traverse Villa Rose et la maison Fasel et vient finir au point de *rupture de profil*. Elle n'a plus d'eau courante, mais les eaux d'infiltration y sont assez abondantes pour y déterminer trois sources.

La partie supérieure de la cuvette s'est modelée dans la moraine de fond *en place* qui recouvre tout le versant. Vers le point de confluence, la mollasse affleure plusieurs fois. Il n'y a pas eu d'érosion violente en cet endroit; du moins n'en trouve-t-on aucune trace.

La seconde cuvette s'étend dans la direction opposée et vient se déverser sur la rive droite du rio.

A son point de confluence se trouve encore un cône de déjection dont la *génératrice* mesure 35 mètres environ et la hauteur 1 m. 20. Ce cône de déjection fait suite à un thalweg desséché qui descend du Guintzet.

Moins humide que la précédente, cette cuvette l'est encore beaucoup. Son revêtement végétal est à peu près le même que celui des prairies marécageuses. L'*Eriophorum Alpinum* et l'*E. Polystachion* y sont communs. Cette cypéracée, par sa véritable forêt de tiges souterraines, est un des agents principaux de la formation de la tourbe. Sa présence est donc l'indice d'une humidité exceptionnelle pour le lieu où on la rencontre.

Si l'on remonte encore deux cents mètres la cuvette principale, on arrive à l'étang du Jura. Cette pièce d'eau mesure un peu plus de quatre mille mètres carrés de superficie (112×37) et sa profondeur moyenne, à partir des rives, est d'environ deux mètres.

Sa forme rectangulaire, l'entretien dont elle est l'objet, les arbres qui l'entourent sous forme de promenade, tout cela ferait croire qu'il s'agit d'un bassin purement artificiel. Nous accordons volontiers que dans sa forme régulière et dans sa profondeur il y a beaucoup d'artificiel, mais nous pensons que, topographiquement parlant, rien ne s'oppose à ce que la présence d'une masse d'eau en ce point ne soit pas naturelle.

Quoi qu'il en soit de son origine, l'étang du Jura joue un rôle très important dans le régime du rio du Petit Rome et son action sur le modelé de sa vallée.

Dans sa partie ouest, l'étang du Jura reçoit deux petits cours d'eau. Le plus important semble être la continuation du rio du Petit Rome; le second, beaucoup moindre, nous conduit vers la Chassotte en traversant la troisième des cuvettes secondaires de notre tête de ravin.

Cette cuvette est excessivement humide et pour ainsi dire gorgée d'eau. Le *Carex* et l'*Eriophorum* y abondent. Les formes sont encore plus adoucies que dans les précédentes, et c'est par une large ouverture qu'elle débouche dans la prin-

cipale. Il serait même difficile, au point de vue topographique, de la distinguer de celle-ci sans le rivelet qui la détermine.

La quatrième cuvette, qui elle aussi possède son rivelet, s'enfonce mollement dans le Pré du Château et semble terminer vers l'amont la tête du ravin.

A partir de son point de confluence, en effet, la vallée se resserre et prend la direction N.-E.-S.-W. Le lit du rio change complètement d'allure et de modelé. Ce n'est plus le petit fossé coulant à fleur de terre et que l'on peut franchir d'un pas, mais, au contraire, un chenal profond de 3-5 mètres, large de 10 mètres, avec *versants couchés* et *versants debout* affouillés çà et là par des ébauches de méandres. C'est un ravin en plus petit. Or, chose digne de remarque, tant que dure ce nouveau détail morphologique, — 750 mètres environ, — il n'y a dans la vallée *aucune trace* de cuvettes secondaires. A peine finit-il, en face de Chandolan, qu'elles s'étalent de nouveau dans le paysage avec le rio du Petit Moncor et les deux branches terminales du rio principal.

Ces trois dernières cuvettes sans particularité morphologique, sont moins humides que les précédentes.

Celle du rio du Petit-Moncor se festonne vers son sommet et s'adosse à la fois au bois de Belle-Croix au sud, et à la forêt de Moncor à l'ouest.

Les deux autres, très peu distinctes, pénètrent

dans la forêt de Moncor et se terminent dans un marécage sous bois.

Telle est, sommairement décrite, la Tête de Ravin du rio de Petit-Rome. A première vue, elle semblait très homogène de forme et paraissait pouvoir se définir adéquatement au moyen de deux profils. On voit qu'il n'en est rien et qu'un levé topographique très minutieux doit intervenir ici pour exprimer en une seule formule la complexité de ses détails.

Le levé au 1/5000 que nous en donnons ici doit être interprété d'une façon générale comme tous les levés topographiques.

Le seul fait sur lequel nous nous permettons d'attirer l'attention est la faible équidistance qui sépare les *courbes de niveau*. C'était l'unique moyen de caractériser les détails d'un modelé qui eût passé inaperçu avec une figuration différente.

On remarquera avec quelle netteté le brusque changement de modelé au contact du ravin et de sa cuvette d'alimentation est rendu par les courbes de niveau. Aux *sections horizontales* en forme de V très aigu qui s'accumulent dans le ravin, succèdent tout à coup les formes larges et festonnées de la cuvette principale et des cuvettes secondaires.

II. — Le Lavapesson.

Le rio de Lavapesson coule dans une direction de S.-W.N.-E. qui, on le sait, est la direction générale des ondulations du plateau suisse.

Son ravin s'arrête pour s'épanouir en une large cuvette à la cote 600, c'est-à-dire 43 mètres plus bas que le ravin du Petit-Rome. Or sa longueur dépasse celle de ce dernier d'environ 500 mètres. Malgré ces causes d'atténuation, l'opposition topographique et le contraste du modelé qui distinguent les parties extrêmes du rio du Petit Rome se retrouvent tout entières aux extrémités du Lavapesson.

Les versants debout de sa vallée très adoucis par le ruissellement superficiel, ont été envahis depuis leur point de confluence par une végétation très touffue. Ce n'est qu'à de rares endroits que les parois verticales du ravin démolí se dressent tout à coup au milieu de la verdure comme pour témoigner de la forme originelle de la vallée et de l'action puissante du Lavapesson.

Les rives actuelles du lit minuscule dans lequel il roule au fond du ravin sont de tout temps très humides. C'est un marécage continu que l'on a grand peine à remonter depuis la Sarine jusqu'à l'endroit où il coupe la route cantonale de Morat.

Il traverse cette route, non pas sous un pont, mais à l'intérieur d'un petit tunnel creusé dans la paroi mollassique de son cañon. Un épais revête-

ment de tuf calcaire d'un blanc éclatant tapisse l'intérieur de ce tunnel, tandis que des *Marmites* de diverse grandeur taraudent son fond.

Au-delà de la route, le ravin se continue avec la même raideur de versants, — bien que boisé seulement sur sa rive gnuche, jusqu'à la prairie de Chantemerle.

Le point de *rupture de profil* est accentué comme dans le ravin du Petit Rome par un relèvement de la pente durant les derniers mètres qui passe tout à coup de 3/10 p. 100 à 112 3/4 p. 100 et dans la cuvette adjacente à 1 1/5 p. 100.

Les trois épreuves des divers profils que représentent ces derniers chiffres ont été faites au moyen des mêmes procédés que pour le rio du Petit Rome.

L'épure I est un fragment de profil longitudinal de la cuvette et du ravin à leur point de contact.

Les épreuves II et III sont des profils en travers de la vallée soit dans le ravin, soit dans sa cuvette terminale. Elles montrent le contraste d'allure des versants de ces deux parties du modelé exécutées par le même cours d'eau.

La *Tête de Ravin* du Lavapesson est moins allongée que la précédente. Elle n'en est que plus caractéristique.

Les cuvettes secondaires qui la festonnent sont au nombre de quatre, y compris la terminale qui n'a pas de contour limite vers l'amont.

Toutes les quatre sont à formes très douces et appuyées sur les hauteurs du Petit Tory, de la

Vernaz, de Bellevue et de Bonnes-Fontaines. Chacune possède son rivelet de drainage et n'en reste pas moins très humide. Les scirpes, le carex, les jones, les eriophores, y croissent abondamment.

Cette tête de ravin, très voisine de la tête du ravin de Petit-Rome, communique incontestablement avec elle par la large dépression que borde le chemin de Chamblieux jusqu'à la route de Fribourg à Payerne.

La direction N.-S. de cette dépression correspond parfaitement avec le fragment hétéromorphe du rio précédent.

N'y aurait-il pas eu, à la faveur de l'étang du Jura, un phénomène de capture au profit du rio de Petit-Rome ?

Il n'entre pas dans notre sujet de répondre à cette question, mais nous croyons que l'affirmative, une fois établie avec quelques probabilités, serait une des solutions élégantes qui répondrait au problème de la forme vieillie du Lavapesson.

C'est au passage à niveau de la voie ferrée Fribourg-Morat, entre le bois de la Faye et Givisiez, que se termine, sans raison apparente, le rameau Ouest du Lavapesson. Cet endroit, appelé *La Tourbière*, a la forme d'une vaste cuvette trapézoïde, dans laquelle viennent se déverser l'important rio du Tigulet et quatre ou cinq autres moindres ruisseaux. Mais ni le Tigulet, ni les autres rameaux qui descendent de Givisiez ne suivent la grande dépression naturelle où coule le

Lavapesson. Là encore nous soupçonnons la Sonnaz d'avoir décapité le Lavapesson par *érosion régressive* d'un de ses affluents, lequel coule dans le ravin du bois d'en Laz.

De sorte que la même cuvette d'alimentation est commune à deux cours d'eau et que deux ravins, diamétralement opposés comme direction, aboutissent à la même vallée de tête.

Ces deux faits, que nous avons été amenés à mentionner par l'étude de la cuvette du Lavapesson, se retrouvent à chaque instant dans l'hydrographie du Plateau. Et si, d'une part, les exemples d'un ravin à plusieurs têtes ne sont pas rares, d'autre part, on trouve de nombreux faits d'une même tête pour plusieurs ravins.

Le fait topographique le plus remarquable de ce genre de modelé est l'impossibilité où l'on se trouve de fermer, par une courbe de niveau même secondaire, la vallée de l'un ou l'autre des cours d'eau qui s'avoisinent ainsi par leur sommet.

Comme opposition topographique entre les deux parties d'une vallée à ravin, c'est ce que l'on peut trouver de plus frappant, puisque l'on passe tout à coup d'une courbe de niveau en V très aigu à deux sections horizontales divergeant vers l'infini.

III. - Le Ravin du Bois-d'en-Laz.

Le Tiguelet, dont la vallée S.-W. - N.-E. appartient morphologiquement à celle du Lavapesson et qu'elle continue sans aucune interruption, descend depuis La Chavanne, entre les bois de Verdilloud et de Sonfou, et s'attarde dans la dépression du Grand Pré, à l'est de Corminbœuf. Là, il sert de collecteur à cinq rios différents et se dirige ensuite à travers le *Quartier d'Amont* vers les Bons Pâquiers, où quatre minuscules affluents viennent encore le grossir. Il pénètre alors dans la cuvette de la Tourbière, où il reçoit en un seul confluent les eaux de huit rivelets distincts. C'est donc un total de dix-sept rameaux d'eau courante qu'il représente au moment où il fait un angle brusque vers le nord-ouest et s'enfonce dans le ravin du Bois-d'en-Laz, par lequel il atteint la Sonnaz.

Le contact entre les deux modelés est ici particulièrement brusque. A un profil de 0 p. 100 de pente succède un rapide de 40 p. 100. Cette allure de ravin ne se soutient, il est vrai, que durant une centaine de mètres ; mais si l'on songe, d'une part, à la proximité de la Sonnaz et, d'autre part, à la faible *dénivellation* qui sépare la tête du ravin du point de confluence des deux cours d'eau, on restera frappé de la netteté avec laquelle peut se présenter le phénomène en question pour les cours d'eau d'importance même secondaire.

Les épures des profils que nous donnons des deux parties de la vallée ont été fixés avec la règle à éclimètre.

Signalons, à propos de la cuvette de Tous-Vents, le profit que l'homme a su tirer du travail de ce cours d'eau. Pour remonter de Givisiez vers Tous-Vents et Chandolan, il a relégué le rio contre l'une de ses rives et transformé son lit en chemin. De la sorte, la pente est beaucoup mieux répartie et sans frais de terrassements.

On retrouve le même fait, en plus petit, à la sortie de la cuvette d'Avudrans.

Le ravin de Pfaffengarten.

Les hauteurs du Windig et de Pfaffengarten sont séparées par un ravin extrêmement abrupt taillé dans la mollasse, avec des versants debout de 70 mètres de profondeur.

Le fond du ravin est inaccessible, de quelque point que l'on tente la descente. C'est sur la grève de *Goz-de-la-Torche* (ou Gors de la Torche), qui fait face à son point de confluence, de l'autre côté de la Sarine, que l'on doit aller si l'on veut mesurer la pente de son lit.

Malgré l'allure rectiligne du Graben, la vue n'y plonge pas très avant à cause de la raideur des versants et de l'ombre dans laquelle le plonge la forêt qui le couronne.

Toutefois, en profitant d'exceptionnelles conditions d'éclairage, on augmente les chances de pré-

cision de son observation par le fait que la section sur laquelle elle porte a une plus grande longueur. Dans ces conditions, nous avons noté une pente de 4,5 p. 100.

C'est sur cette donnée qu'a été établi le profil longitudinal du ravin dans toute sa partie inaccessible, excepté pour l'extrémité amont où, d'un point accessible, nous avons mesuré l'angle de rupture de profil au moyen de son supplément construit avec l'horizontale.

Sans doute, nous n'avons là qu'une approximation pour les parties intermédiaires, mais cela importe peu à notre étude.

Quant au profil transversal, il garde toute sa valeur démonstrative puisque nous connaissons les angles de rupture de pente pour chaque versant, ce qui est l'élément important, et une profondeur approchée.

Si l'on considère le profil longitudinal dans son ensemble, il oppose nettement, comme ceux qui précèdent, le double modelé de la tête de ravin et du ravin.

Cependant, on peut remarquer ici une particularité, c'est que le ravin proprement dit et sa cuvette ne s'opposent pas en un point de contact commun. Entre les deux formes s'étend une zone intermédiaire, qui contraste à la fois avec le ravin et la tête du ravin. Car, tandis que la pente est dans celle-ci de 1 1/3 p. 100 et dans le ravin de 3,77 p. 100, elle mesure entre les deux environ 12 p. 100. Ce n'est pas la plongée rapide du ravin, et c'est

loin d'être l'allure presque horizontale de la cuvette.

Comme nous devons retrouver ce fait dans deux autres ravins qu'il nous reste à étudier, nous allons essayer dès à présent de l'interpréter.

Si nous dessinons une coupe géologique, suivant le profil considéré, nous voyons, à partir de la base, les divers bancs marneux et gréseux de la mollasse d'eau douce ; puis, au point de rupture de pente, commencent des dépôts d'origine glaciaire (moraine et par-dessus fluvio-glaciaire) qui s'entassent sur une hauteur de 25 mètres.

Il est naturel qu'une pareille épaisseur de terrain meuble n'ait pu conserver la forme vive du modelé primitif. La rotation du versant s'est effectuée normalement sous l'influence des agents ordinaires d'érosion subaérienne dans la seule partie du versant où la chose était possible, c'est-à-dire dans les dépôts d'origine glaciaire qui couronnent la mollasse.

Cette zone intermédiaire est excessivement humide, et de ce chef son modelé tendrait à s'adoucir de plus en plus. Néanmoins, comme sa partie amont est limitée par la route cantonale de Fribourg à Berne et, par elle, séparée de sa double cuvette, le travail se fait surtout en approfondissement. De la sorte, nous pouvons considérer comme appartenant au ravin toute cette partie intermédiaire.

La cuvette principale du Pfaffengarten est nettement bilobée.

Des deux dépressions qui la composent, l'une appuie ses festons délicats contre le Gross-Schönberg au midi, tandis que l'autre prenant une direction inverse va s'adosser largement contre les pentes du Dahlenberg et du Vordere-Bruch, au-dessous de Villars-les-Jones.

Le premier lobe, celui de Bellevue, n'est plus traversé par son rio, et sur une longueur d'environ 400 mètres sa pente ne dépasse pas 1,25 p. 100. Malgré cette double circonstance défavorable à l'écoulement des eaux, l'humidité habituelle des têtes de ravin est ici à peine perceptible. Seules quelques plantes amies des marécages indiquent par endroits le séjour de l'eau. Le *populage des marais* (*Caltha Palustris*) y est particulièrement abondant.

Le bord supérieur de la cuvette, indiqué vers le Gross-Schönberg par un relèvement assez fort de la pente, 16,66 p. 100, peut être délimité au moyen d'une *section horizontale* ondulée, à cause des légers rentrants que fait sur son pourtour la hauteur du Stadtberg.

C'est le profil de cette partie de la cuvette qui figure comme tête de ravin dans l'épure I du Pfaffengarten, et cela malgré la disposition du rio collecteur.

La raison de ce choix est d'ordre morphologique.

La direction du cours d'eau dans la partie du ravin que nous avons nommée *zone intermédiaire* est à peu de chose près une direction Sud-

Nord. Il est donc tout naturel que l'on considère comme tête du ravin une cuvette d'orientation semblable.

Le second lobe de la cuvette occupe une superficie triple du premier. La pente générale y est plus forte : 2,33 p. 100, et ses contours sont beaucoup plus dentelés que ceux du précédent.

Un mince filet d'eau la parcourt depuis Villars-Jones jusqu'à la chapelle Saint-Barthélemy, où il traverse la route cantonale pour se jeter dans la zone intermédiaire du ravin.

Malheureusement, ce cours d'eau ne répond comme importance ni à l'humidité de sa cuvette ni à la superficie qu'il devrait théoriquement drainer, ni à la pente de 6 p. 100 qui favorise son écoulement.

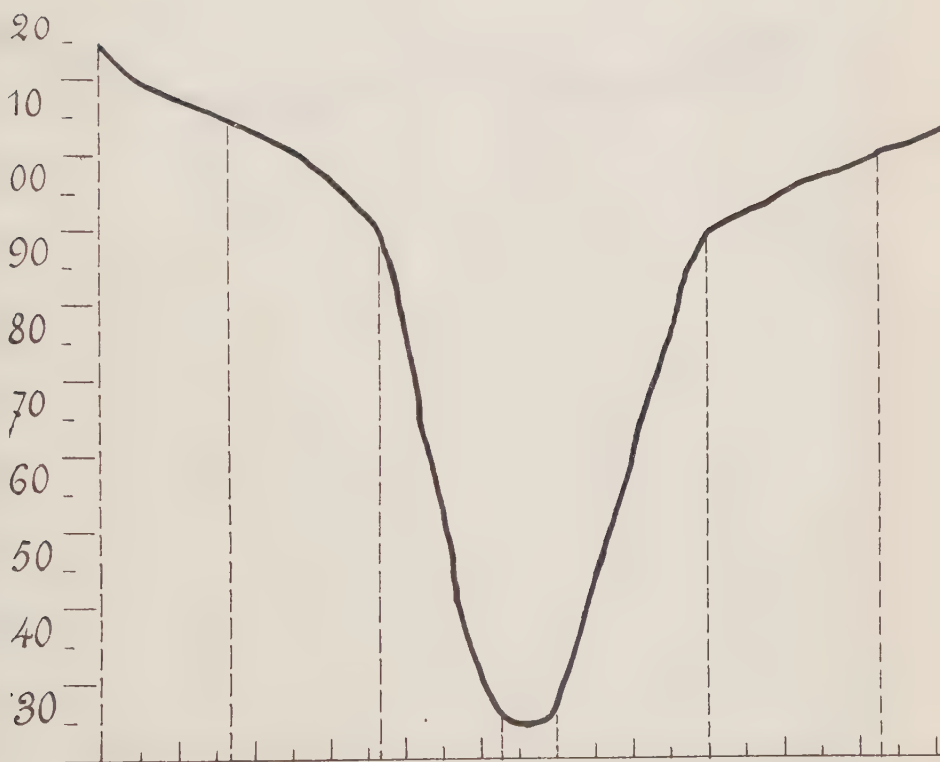
Nous essaierons d'indiquer la cause de ce manque de proportions dans la troisième partie de ce travail, car pour être particulièrement caractéristique, ce fait est loin d'être isolé.

Entre Riédle et Heitera, le long du chemin qui relie ces deux fermes, une légère dépression terminée en amont par une concavité assez imprécise indique le lit d'un rio disparu. Le terrain, cependant, regorge d'eau.

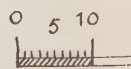
Si le profil en long de cette cuvette diffère sensiblement du profil de la première à cause de sa pente générale plus grande (elle varie entre 2,50 p. 100 et 6 p. 100), son profil en travers ne s'en distingue pas.

Le Pfaffengartengraben possède, nous l'avons

Le Pfaffengarten Profi



Echelle $\frac{1}{1000}$



dit, une double tête de ravin. Nous venons de décrire la principale à cuvette bilobée; il nous reste à parler de celle du Windig.

La concavité qu'elle dessine se propage de proche en proche avec une pente générale de 2,66 % jusqu'au Vordere Bruch. Le modelé de cette cuvette est particulièrement régulier, car la pente est la même pour toutes les génératrices, et ces génératrices sont à peu près d'égale longueur. C'est à peine si les dernières courbes de niveau se festonnent légèrement.

Comme la précédente tête de ravin, elle n'est pas en contact immédiat avec le ravin proprement dit. Une zone à peu près semblable à celle qui unit la cuvette de Bellevue au ravin, sert d'intermédiaire entre les deux formes extrêmes. Nous avons dit à quoi il fallait attribuer cette atténuation dans l'opposition entre les deux modelés topographiques.

Un détail à noter. La cuvette qui, dans toute sa partie supérieure, est d'une homogénéité de sculpture remarquable, se déverse par un double col dans la zone intermédiaire. Cet indice n'est-il pas suffisant pour dire qu'il y a eu là anastomose de deux formes autrefois distinctes?

Les épures des *profils en long* et des *profils en travers* que nous donnons de cette tête de ravin ont la même allure que les précédentes.

L'hydrographie de cette cuvette est nulle, car le rio qui reçoit les eaux s'est retiré dans la partie intermédiaire sans que la dépression qu'il drainait

se détachât pour autant. La flore paludéenne y est représentée par un certain nombre d'espèces, notamment par d'abondantes *Calthra palustris*, plusieurs *Carex* et l'*Eriophorum alpinum*.

V. — Le Ravin de la Villa des Glycines.

L'avenue de Pérolles, à Fribourg, traverse deux ravins très profonds dont le modelé rappelle de tous points ceux que nous avons précédemment décrits.

La hardiesse sauvage de leur allure et le pittoresque encadrement qu'ils font de leur cañon à la vieille ville les mettent au premier rang parmi les curiosités naturelles de Fribourg ; car ils ne sont pas moins intéressants au point de vue géographique que remarquables au point de vue esthétique.

Le ravin des Pilettes se jette dans la Sarine en face du pont métallique qui réunit la Neuveville à la Maigrauge. L'entrée de son cañon a l'aspect d'une gorge profonde à parois presque verticales. Une pareille fraîcheur de formes se rencontre assez rarement : elle semble due ici à son orientation vers l'Est, qui la préserve à peu près totalement des agents d'érosion subaérienne. Le rio qui a creusé ce ravin n'a plus comme *niveau de base* son point de confluence avec la Sarine : c'est par un seuil de plus d'un mètre de hauteur que les deux lits sont désormais séparés. Une telle avance prise par la Sarine trouve son

explication dans les nombreux travaux d'art qui ont pour ainsi dire annihilé, section par section, la force vive des eaux du rio.

Les *versants debout* du ravin sont taillés mi-partie dans les alluvions glaciaires et mi-partie dans la mollasse. Ses versants couchés se sont formés dans la masse supérieure du fluvio-glaciaire. Le Schotter, en effet, est, ici, divisé en deux couches distinctes : une couche supérieure très compacte, mais formée d'éléments divers, de cailloux roulés, d'argile et de sable, libres entre eux de toute cohésion autre que celle du tassement ; puis, au-dessous, une couche non moins massive, prise en un seul bloc de conglomerat par l'intermédiaire d'un *produit d'infiltration* silico-calcaire, d'un blanc laiteux et chimiquement inactif (1).

Il est naturel que dans le cañon le conglomerat ait l'allure de la mollasse et demeure en versant debout tandis qu'au-dessus de lui le Schotter se laisse désagréger par l'érosion subaérienne.

Arrivé au-dessous de la Villa des Glycines, le ravin se divise en deux branches. La principale, coupée par un remblai à la faveur duquel le franchit l'avenue de Pérolles, suit la même direction Est-Ouest.

(1) Il s'agit bien ici d'un produit d'infiltration et non d'une pâte liante contemporaine des dépôts. Son homogénéité dans toute une masse qui n'a pas été déposée en bloc, sa ténuité et la manière intime dont elle épouse les formes de chaque élément sans les altérer, enfin sa constitution chimique ne laissent aucun doute à ce sujet.

La seconde branche, au contraire, suit une direction Nord-Sud. Elle est complètement annihilée, à quelques mètres de là, par la construction urbaine, et, pour le dire tout de suite, il ne reste aucune trace apparente de sa cuvette de réception.

Au delà du remblai de l'avenue de Pérolles, la branche principale est de nouveau coupée et comblée sur un assez long parcours, d'abord par le réseau des voies ferrées de la gare, ensuite par la route de la Glane.

Il réapparaît, cependant, un peu moins vif d'allure, car c'est à peine s'il atteint la mollasse, jusqu'à Montségour où il est comblé une troisième et dernière fois au point de contact avec sa cuvette d'alimentation.

Celle-ci est double dès son origine. La principale suit une direction Est-Ouest. La route cantonale de Fribourg à Romont la traverse dans sa longueur jusqu'à la Vignetta où son bord extrême, vaguement accusé, sert aussi de limite à une cuvette voisine, celle du ravin de Pérolles.

Au point où s'est bâtie l'usine de Montségour on avait aménagé un petit étang, aujourd'hui desséché, qui devait servir de réservoir à une chute d'eau. La rupture de pente dans le profil d'équilibre existait donc à cet endroit précis, au moment de son utilisation industrielle, et l'on peut regarder comme non artificielle la brusque dénivellation qu'y subit le ravin.

Comme pour le ravin de Pfaffengarten, en effet,

il est malaisé de préciser où commence le ravin et où finit la tête du ravin.

La masse relativement meuble du Schotter superficiel s'est prêtée, là encore, à un modelé intermédiaire qui est plutôt l'œuvre de l'érosion subaérienne que de l'eau courante du rio lui-même. Le modelé est celui du ravin, mais le régime des eaux y est franchement celui de la tête du ravin.

Entre Bethléem et la Vignetta se trouve la véritable cuvette de tête. Malheureusement elle a été déformée par la route qui la traverse de part en part et coupe deux fois son rio de drainage en moins de 250 mètres de parcours.

Du côté de la Vignetta, une dépression très faible et de forme circulaire indique la limite extrême de la tête sud-ouest du ravin des Pilettes.

La tête nord-ouest de Monséjour au Châtelet disparaît complètement sous les constructions urbaines qui s'y sont accumulées; mais à partir du Châtelet on se trouve en présence de la forme de cuvette la plus caractéristique que l'on puisse observer. Un rio à double extrémité remonte dans une large dépression circulaire qui s'étend de Bertigny et du Guintzet jusqu'à Beauregard. Fusion anastomotique de deux cuvettes voisines, festonnement terminal, humidité profonde du sol, on retrouve là vraiment tous les caractères des têtes de ravin en même temps que l'opposition topographique la plus nette entre celle-ci et le ravin.

La zone intermédiaire se laisse deviner plutôt que constater sous les constructions qui remontent de Monséjour au Châtelet avec une pente moyenne de 13,50 p. 100.

VI. — Le Ravin de Pérolles.

Le ravin de Pérolles est inaccessible à son point de confluence. Vu des grèves de la Maigrauge son cañon a l'aspect d'une gorge étroite et profonde qui rappelle en petit les plus belles gorges alpines de l'Aar ou du Trient.

La partie inférieure de sa vallée est formée de versants debout de 60 mètres de haut taillées dans la mollasse. La pente des versants couchés est de 76 p. 100. Cette exagération est due à la présence de masses de conglomérats très résistantes que l'on rencontre dans le Schotter à diverses hauteurs. Le profil en travers aura donc de ce chef une allure particulièrement vive puisque dans sa partie la plus inclinée il ne diffère de la verticale que par un angle de 30° environ.

A la hauteur de l'imprimerie Saint-Paul le ravin est coupé par le remblai énorme de l'avenue de Pérolles sur une longueur au pied du remblai de 100 mètres. Il réapparaît de l'autre côté aussi vif d'allure, la partie verticale en moins, car déjà il n'atteint plus la mollasse. La pente de ses versants est à cet endroit de 50 p. 100 et celle de son lit de 5,50 p. 100.

Il se divise alors en deux branches distinctes.

L'une se dirige du Nord-Ouest au Sud-Est, vers le café des Charmettes ; l'autre suit une direction Est-Ouest, passe à proximité de la brasserie Cardinal et atteint sa cuvette de tête à l'endroit précis qui porte le nom de Château de Pérolles.

La branche des Charmettes est en train de disparaître rapidement sous les remblais des constructions urbaines. C'est par un véritable hasard que le point de contact entre la tête de ravin et le ravin subsiste encore.

Prise au point de confluence, la pente du lit est de 6 p. 100. Elle se relève brusquement à 28 p. 100 sur les quarante derniers mètres, et le ruisseau coule ensuite dans la cuvette avec une pente de 2 p. 100. La rupture de pente est donc très caractéristique.

Le profil en travers de ce ravin ne diffère pas du précédent.

Les versants varient de 75 à plus de 80 p. 100 de pente.

Là encore le ravin est séparé de la cuvette d'alimentation par le remblai de deux routes.

Topographiquement et géographiquement, la tête de cette branche de ravin est une cuvette assez vaste qui s'étend de part et d'autre de l'avenue de Pérolles, depuis l'avenue Jeanne-d'Arc jusqu'à l'Académie Sainte-Croix, d'une part, et, de l'autre, depuis la rue de la Prairie jusqu'au café des Charmettes.

Un double rio draine encore la partie existant entre le Moulin-Grand et l'avenue de Pérolles.

En deçà de l'avenue, les eaux de ruissellement

suivent leur pente naturelle et viennent s'accumuler contre la chaussée qui s'oppose à leur écoulement.

Cette cuvette, sans être gorgée d'eau en temps de sécheresse, est assez humide cependant pour favoriser en des points nombreux la végétation de plusieurs espèces paludéennes : juncs, carex, etc.

Quant à ses limites supérieures, nous n'avons pu en retrouver les traces. Seul un léger festonnement du terrain dans les jardins de l'Académie Sainte-Croix nous permet de supposer que, sur tout son pourtour, la cuvette était ondulée de la même façon.

La branche du ravin qui se dirige vers Pérolles et Cormanon est de beaucoup la plus importante, tant par la longueur de son thalweg que par l'ampleur de sa cuvette et le nombre des rios qui la drainent.

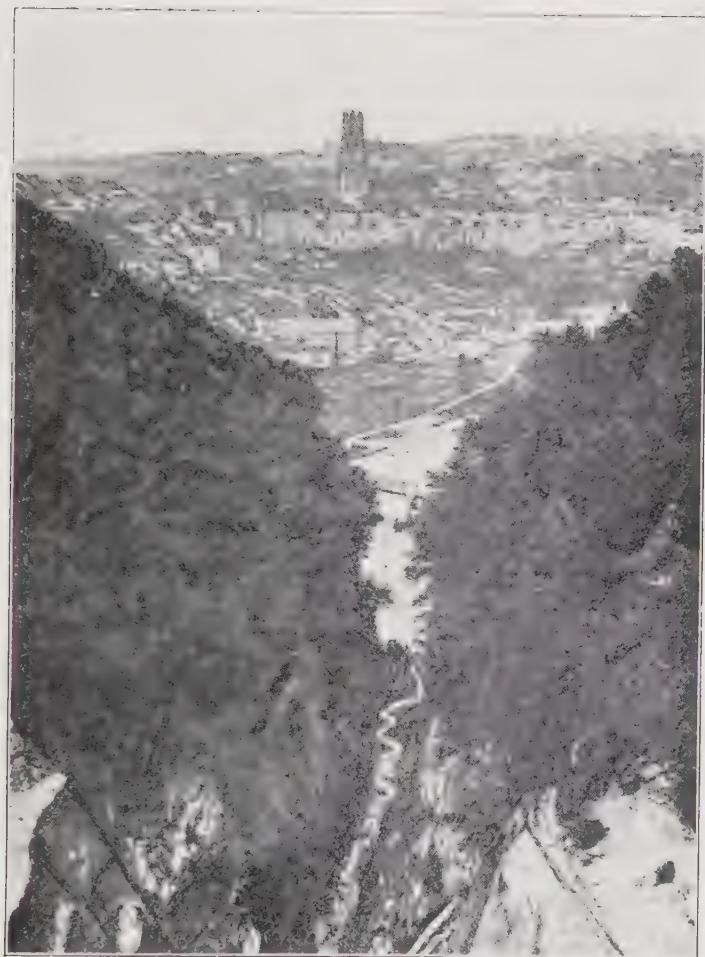
A partir de son point de confluence avec la branche des Charmettes, le ravin de Pérolles remonte une rampe de 5,50 p. 100 dans le lit, sur une distance d'environ 300 mètres.

La voie ferrée le recoupe alors, et il réapparaît à peine que la route de Villars le tronçonne une troisième fois.

Ces vicissitudes ont dû influencer beaucoup dans le sens d'un adoucissement de son modelé.

Néanmoins, l'opposition la plus vive marque la fin du ravin et le commencement de sa cuvette.

Celle-ci comprend trois parties distinctes :



Phot. JEAN BRUNHES.

Partie encaissée terminale du ravin de Pérolles
et confluent de ce ravin avec la Sarine.

L'ensemble de cette tête de ravin est donc des plus typiques puisqu'elle réunit les trois formes que nous avons déjà rencontrées, formes qui sont les trois seules possibles.

DEUXIÈME PARTIE

Relations morphologiques qui existent entre les parties extrêmes d'un ravin.

Le travail total des eaux courantes peut être défini en trois mots : *érosion*, *transport*, *dépôt*.

De même le torrent classique se divise en trois parties distinctes : le *bassin de réception*, le *chenal d'écoulement* et le *cône ou delta de déjection* (1).

Or, bien que le travail d'un cours d'eau déjà arrivé à l'état de maturité ait chacune de ses phases localisées, le *dépôt* dans le *cône de déjection*, le *transport* dans le *chenal d'écoulement* et l'*érosion* dans le *bassin de réception*, on peut considérer cette division du travail comme assez

(1) L'expression anglaise « alluvial fan », « éventail d'alluvionnement » nous semble plus heureuse que le mot « cône », qui dit trop, ou que le mot « delta », qui ne dit pas assez.

Voir : WILLIAM MORRIS DAVIS : *Physical Geography*, ch. X, p. 275.

indistincte à l'origine d'un cours d'eau. Elle se précise cependant très rapidement avec la formation du profil d'équilibre et se localise, incomplètement sans doute, mais avec une certaine prédominance dans les parties qui leur conviennent le mieux.

Le modelé d'une vallée est donc fonction du travail de son cours d'eau, et le travail de ce dernier, ou mieux sa *force vive* qu'il exprime, est dans une dépendance très étroite du modelé lui-même. La pesanteur est inutile où la masse fait défaut, et la masse reste inerte où la pesanteur n'agit point.

Le problème à résoudre en hydrogéographie consiste précisément dans la détermination de ces deux variables : action des eaux courantes sur le modelé, influence du modelé sur la force vive des eaux courantes.

Les conditions normales ou théoriques sont, en effet, modifiées suivant l'influence des conditions météorologiques, génétiques, tectoniques et dynamiques.

Dans la partie topographique qui précède nous avons décrit, aussi minutieusement que possible, l'état de ces conditions pour les cours d'eau qui nous occupent, et nous avons vu que les mêmes formes se retrouvent dans les mêmes conditions avec une monotonie surprenante.

Il nous reste donc à répondre à ces deux questions :

1° Y a-t-il dépendance morphologique entre le

modelé si doux de la tête de ravin et l'allure si vive du ravin lui-même?

2° A quelle cause attribuer ce double modelé?

I. — Relations morphologiques.

Les formes que nous étudions sont des formes *définies* et non des ébauches d'un stade intermédiaire du cours d'eau. On ne prévoit de modification possible de ce modelé que si le cours d'eau générateur vient à disparaître. Quant à l'amplification continue de ces formes : accroissement du ravin en longueur, approfondissement de son lit, évaselement de la tête du ravin, nous pensons qu'elle est normalement nécessaire mais qu'elle n'apporte aucune modification dans l'opposition des deux modelés.

Si l'on assiste à la formation d'une vallée dans des conditions normales, c'est-à-dire dans le cas d'un terrain meuble et homogène, telle qu'on peut en créer une dans un tas de sable, il est aisé de se rendre compte des relations qui s'établissent très vite entre les différentes parties de cette vallée.

Voici les expériences principales que nous avons faites à ce sujet.

Dans un amas de sable mélangé d'argile et tassé en forme de trapézoïde, à surface supérieure horizontale, de 1 mètre de long et de 0 m. 80 de large, nous avons introduit un tube de verre re-

courbé communiquant par une conduite de caoutchouc avec une prise d'eau.

Comme nous avons pris soin de détremper la masse au préalable, le premier afflux d'eau produisit une inondation qui se répandit en tous sens et ne tarda pas à se déverser tout autour par plusieurs filets d'inégal volume. Tous furent volontairement obstrués à l'exception d'un seul dans lequel se concentra l'action de l'eau courante. Voici ce que nous avons observé :

Un petit chenal vertical se dessina sur la paroi extérieure très inclinée du talus et se propagea de proche en proche jusqu'au point de source sans changer sensiblement de forme. Cet établissement du chenal se fit presque instantanément et ce ne fut que peu à peu que le cañon se creusa en profondeur. Au bout de dix minutes la vallée artificielle était parfaitement constituée. Un cône de déjection très régulier s'était déposé en aval. Un chenal d'écoulement, à profil transversal en V, légèrement évasé du sommet, et à profil longitudinal presque horizontal dans toute sa longueur, mais brusquement relevé vers l'amont, unissait le cône de déjection à une forme terminale d'entonnoir très étroit au milieu duquel émergeait le tube de verre : c'était ce que l'on peut appeler le bassin de réception. Sa forme, dérivée de celle du cañon, avait subi un évasement superficiel plus prononcé par le fait que l'eau, jaillissant toujours au même niveau, et d'une manière circulaire, activait constamment la rotation des versants autour

des mêmes points et que le raccord de la dernière partie du profil longitudinal, presque à pic avec le profil transversal moins raide, ne pouvait se faire que moyennant cette forme mixte.

Dans une deuxième expérience faite sur le même trapézoïde de sable argileux, le tube de verre fut muni d'une grille d'arrosoir dont le sommet affleurerait la surface. La venue de l'eau était ménagée de façon à ce qu'elle atteignit la surface du tertre avec une force initiale à peu près nulle.

Comme dans le cas précédent, il y eut débordement, ruissellement superficiel, puis écoulement en un seul point, à l'exclusion intentionnelle de tous les autres.

Un cañon se creusa des bords du talus vers le centre, mais avec la même quantité d'eau 17 litres minutes et la même distance du bord 0,45 centimètres, il fallut à la vallée le double de temps pour atteindre le même profil d'équilibre et le même profil transversal.

De plus, le bassin de réception avait beaucoup moins de rapports morphologiques avec le cañon que le précédent. Il était bien moins profond et beaucoup plus évasé. Néanmoins, il était évident que ce modelé n'avait d'existence que grâce à l'entraînement par les eaux, dans le chenal d'écoulement, des matériaux qui, tout à l'heure encore, l'obstruaient.

Une troisième expérience nous donna des résultats plus intéressants encore.

A la pomme d'arrosoir nous substituâmes un tube de verre tribranché.

L'arrivée de l'eau fut mesurée de façon à ce qu'elle put à peine sourdre de terre à la sortie des orifices. Comme une pente très faible vers le centre du tertre avait été ménagée, les trois petites nappes de ruissellement confluent presque aussitôt et leurs eaux se dirigèrent de concert, en suivant la pente, vers une des extrémités du tas de sable.

Un cañon, comme dans les cas précédents, se dessina d'abord, puis s'approfondit, l'aval ayant sa sculpture achevée avant celle de l'amont. Pendant ce temps, les trois points de source étaient chacun le centre d'une forme très douce se propageant de proche en proche, au fur et à mesure du déblaiement. Or, chose remarquable, le cañon resta stationnaire au point de confluence tant que nous n'augmentâmes pas le débit total.

Une averse de pluie fut alors figurée au moyen d'un arrosoir. L'eau fut uniformément répandue d'amont en aval et d'aval en amont durant quelques minutes.

Il arriva ce que l'on pouvait prévoir. Tandis que sur les plateaux bordant le cañon l'eau s'écoulait dans tous les sens, et élargissait les rives supérieures de la vallée, elle s'accumula au contraire en amont vers le centre de chaque cuvette, obstrua d'alluvions les rigoles des sources et dévala en bouillonnant dans le ravin minuscule qui lui servait de chenal.

Après l'expérience, la région du chenal était adoucie, mais la région des sources l'était encore

davantage. Les trois cuvettes communiquaient largement entre elles, et l'eau des sources qui n'avait pas été supprimée recommença à creuser au centre de chacune une petite rigole d'écoulement.

Le ravin n'avait pas gagné deux centimètres en longueur.

Dans une quatrième expérience, les conditions furent modifiées de la façon suivante :

Une cuvette de 0^m30 centimètres de diamètre fut creusée dans le tertre de sable. Ses parois furent tapissées d'une couche d'argile suffisante pour la rendre imperméable. Au fond venait affleurer le tube de verre à triple issue. Le robinet fut alors ouvert et la cuvette se remplit peu à peu. Deux dépressions assez légères réunissaient deux points opposés de la cuvette aux bords correspondants du talus. Ce fut par ces deux dépressions que l'eau de la cuvette, trouvant une issue, s'échappa.

Deux ravins se creusèrent et ébréchèrent la cuvette jusqu'à sa base. L'eau de la triple source n'étant plus suffisante pour activer le travail d'érosion régressive nous lui apportâmes l'appoint d'une averse artificielle. La cuvette s'élargit, se combla partiellement, mais le modelé général resta égal à lui-même, c'est-à-dire composé de deux formes topographiques vivement opposées l'une à l'autre. Quant à leur dépendance réciproque, on voit que dans le premier temps le ravin dépend complètement de la cuvette jusqu'à

ce qu'elle soit épuisée, tandis que dans le second temps la dépendance devient réciproque.

Résumons cette réponse à la première question.

Les ravins que nous avons étudiés n'appartiennent pas à la catégorie des ravins de la première expérience.

Ils appartiennent à la catégorie des ravins II, III, IV, ou à une catégorie mixte dans laquelle les conditions de ces diverses expériences sont mélangées en proportions variables.

Or dans tous ces cas, la tête de ravin, en fournissant l'eau nécessaire au creusement du ravin et à la conservation de ses cañons qu'elle rajeunit sans cesse, doit entrer en première ligne de compte dans l'*existence* de ce détail du modelé géographique qu'est le ravin.

D'autre part la tête de ravin en s'élargissant constamment par le fait de l'érosion subaérienne tendrait à disparaître si la profonde échancrure du ravin n'offrait à son cours d'eau de drainage un débouché illimité toujours prêt à recevoir ses alluvions.

Il existe donc une dépendance on ne peut plus étroite entre le chenal d'écoulement et sa cuvette d'alimentation : c'est la relation morphologique que nous voulions déterminer.

II. — La cause du double modelé. Importance morphogénique de la cuvette d'alimentation.

Le rôle prépondérant du *niveau de base* dans un cours d'eau, si bien mis en lumière par MM. Heim et W. Morris Davis ⁽¹⁾, est quelque chose de très complexe quand on y regarde de près.

Au cours des nombreuses expériences que nous avons faites, nous avons vu de nos yeux que le niveau de base est le vrai point autour duquel tourne le profil d'équilibre et que la fixation de ce point précède chronologiquement la fixation de tout autre point stable dans la vallée.

Mais il n'est pas rare que bien des vallées en restent à la fixation de ce seul point, ce qui est assez restreint. Toutes les *vallées suspendues* en sont là.

Or, ces vallées suspendues se trouvent précisément côte à côte avec les vallées-ravins que nous avons étudiées. Bien plus certaines de ces vallées-ravins sont en train de devenir des vallées à seuils de confluence, c'est-à-dire de véritables vallées suspendues. Et cependant le niveau de base est le même pour tous ces cours d'eau à savoir le lit de la Sarine au point de confluence.

Pourquoi n'a-t-il pas agi ou pourquoi n'agit-il plus avec la même puissance ?

(1) A. DE LAPPARENT, *Leçons de Géographie physique*, quatrième leçon, p. 71, note 1.

On sait de plus que dans un terrain *meuble* et *homogène* le niveau de base est le point de départ de l'érosion régressive.

Mais outre qu'on ne voit pas bien comment le cours d'eau peut faire *ébouler* une roche compacte : grès, calcaire, granit qui ne s'éboule pas du tout à la façon d'un tas de sable dont on débite la base, le problème de l'ÉROSION TOURBILLONNAIRE ⁽¹⁾, posé et résolu par notre très honoré maître, M. le professeur Dr Brunhes, est venu singulièrement tempérer l'absolutisme de ce dogme : Tout se fait d'en bas.

L'*érosion tourbillonnaire* démontre, en effet, que le creusement des *marmites* en aval ne diffère pas comme intensité du creusement des *marmites* en amont et les vallées suspendues nous démontrent jusqu'à l'évidence que s'il ne se produit aucun travail en amont, l'aval n'est pas plus laborieux en dépit de son *niveau de base*.

Le niveau de base n'est donc pas un point actif. C'est, au contraire, le point où finit toute l'activité d'un cours d'eau, c'est là qu'il vient expirer. Ce point vient-il à varier en profondeur ? Le cours d'eau se reprend à vivre ⁽²⁾ et à agir jusqu'à ce que son profil l'ait atteint de nouveau. L'influence du niveau de base est donc absolument négative.

(1) *De Vorticum opera. Loc. cit. etc.*

(2) M. WILLIAM MORRIS DAVIS : *Physical Geography*, ch. IX *Rivers and Valleys. The Lifelike Behavior of Rivers.* — A. DE LAPPARENT, *Loc. cit.*, dixième leçon.

L'influence positive, la chose vraiment active dans le modelé d'une vallée, c'est la *masse des eaux courantes*.

Or, cette masse des eaux courantes descend pour la plus grande partie du *bassin de réception de la cuvette d'alimentation*.

Il y a lieu, on le voit, de rechercher quel est dans la cuvette le caractère duquel dépend la masse des eaux courantes.

Evidemment, il n'y en a qu'un seul, c'est l'étendue. Plus une cuvette d'alimentation sera vaste, plus elle recevra de précipitations. Ces précipitations, exprimant à leur tour la puissance du modelé, il est tout naturel de rapporter aux dimensions de la cuvette d'alimentation l'activité de la masse des eaux courantes.

On voit clairement l'importance qu'il faut attacher en hydrologie aussi bien qu'en morphogénie au bassin de réception et à la cuvette d'alimentation.

On comprend aussi comment deux formes aussi dépendantes l'une de l'autre que le ravin et la tête du ravin doivent atteindre, à un moment donné un endroit d'équilibre où le travail de l'eau dans le ravin épuise toute la capacité de la cuvette d'alimentation et où celle-ci ne peut plus être diminuée sous peine de ne plus pouvoir suffire à l'entretien de son ravin et de le laisser devenir une vallée suspendue. Cet endroit est le point de contact entre les deux modelés.

Il semble qu'il y ait nécessité pour la vallée de

changer brusquement de modelé en un point physiquement déterminable.

Les *eaux sauvages*, en ruisselant de toutes les parties de la tête du ravin, s'annihilent les unes les autres au point de vue de leur action vive sur le terrain. Elles ne peuvent modifier la cuvette d'une manière sensible. Mais à un endroit donné l'eau courante fait *masse* et travaille comme telle. Il est donc nécessaire qu'en ce point succède un modelé portant l'empreinte du travail qui s'y accomplit. Ce modelé, c'est le ravin.

Quant à la *violence* d'opposition entre ces deux formes, pour importante qu'elle soit, c'est une simple question de degré, et nous en avons suffisamment indiqué les conditions.

TROISIÈME PARTIE

Question de Géographie humaine. — La Tête de Ravin et la Route.

M. William Morris Davis ⁽¹⁾, en parlant du plateau Alleghanien qui offre avec le plateau suisse de si nombreuses ressemblances de modelé, a écrit les lignes suivantes : « Le plateau Alleghanien est aussi âpre que sa population est clair-semée. Celle-ci habite des fermes isolées sur les hautes terres... Les fermiers, ainsi relégués au sommet de collines qui sont complètement séparées les unes des autres par de profonds ravins, ne peuvent arriver à construire et à entretenir de bonnes routes sur les versants. Les produits de la haute terre se laissent difficilement charrier en bas, sur de mauvaises routes, jusqu'aux marchés des villages ou bien jusqu'aux stations des chemins de fer. Or, il

(1) M. W. MORRIS DAVIS, *Loc. cit.* ch. VI, *Plains and Plateaus. Dissected Plateaus*, p. 149.

est deux fois plus difficile de traîner jusqu'en haut des approvisionnements pour les fermes. La vie est pénible sur les hautes terres. »

Il en est tout autrement sur le plateau suisse, malgré des conditions topographiques presque identiques. Les routes y sont nombreuses, commodes et bien entretenues.

Un regard jeté sur quelques « Minutes » ⁽¹⁾ au 1/25.000 suffit pour se convaincre que les régions les plus entaillées de ravins, tout le long des grandes artères hydrographiques, en sont aussi bien pourvues que les autres.

Or, les ponts ou viaducs, sans faire totalement défaut, y sont assez rares.

La route ne franchit pas les ravins d'une façon habituelle, elle les contourne et les traverse au point où ils finissent si brusquement : à la tête du ravin.

Voyons rapidement :

1° De quelle utilité a été pour la route la tête de ravin ;

2° Quel péril constitue la route pour la tête de ravin et le ravin lui-même.

I. — Utilisation de la tête de ravin pour le passage de la route

La tête de ravin du rio de Petit Rome est traversée suivant son profit transversal par l'avenue

(1) Voir dans l'atlas Siegfried les feuilles 331, 334, 348.

Bonnes-Fontaines et, suivant son profil longitudinal, par la route cantonale de Fribourg à Payerne.

La tête de ravin de Lavapesson est sectionnée, suivant son profil transversal, par le chemin de Givisiez à Granges-Paccot et, suivant son profil longitudinal, par la voie ferrée de Fribourg-Morat. Notons qu'à sa partie extrême elle n'est séparée de la cuvette du ravin de Bois-d'en-Laz que par la route de Fribourg-Payerne.

Cette dernière cuvette est à son tour remblayée par la voie ferrée et la route cantonale de Fribourg à Payerne; par le chemin de Givisiez à Corminboeuf et d'autres chemins secondaires qui traversent les petites cuvettes de Tous-Vents et Avudrans.

La tête de ravin de Pfaffengarten est en même temps le point de concentration de onze tronçons de routes différentes qui la coupent dans tous les sens.

Enfin, les deux ravins, aujourd'hui franchis sur remblai par l'avenue de Pérolles, ont été longtemps contournés vers leur tête par les seules routes de Bulle et de Romont.

Il serait fastidieux de continuer cette énumération. Disons que sur une dizaine de « minutes » au 1/25.000 nous n'avons pas trouvé une seule tête de ravin qui n'ait été utilisée une ou plusieurs fois pour la construction d'une route.

Avouons qu'une telle profusion n'est pas sans mérite. Toutes les têtes de ravin sont marécageuses et ce dut être une sorte de jetée à cons-

truire au moment où se réalisa l'entreprise. Mais cet effort, en raison même de sa puissance, devait être nuisible aux cours d'eau qui le nécessitaient.

II. — La décapitation des ravins. La mutilation des têtes de ravins.

Tous les ravins de Fribourg et des environs, celui du Lavapesson excepté, sont nettement décapités par des routes et la plupart des têtes de ravins sont mutilées par d'autres routes.

Le ravin du Petit-Rome est décapité par l'avenue Bonnes-Fontaines et la route cantonale de Payerne.

On a ménagé, il est vrai, sous ces routes des conduits très restreints qui suffisent, en temps ordinaire, à faire écouler l'eau des divers thalwegs, mais qui sont notoirement trop étroits au moment d'une rapide fonte de neige ou d'une averse torrentielle. Bien souvent nous avons constaté en de pareilles circonstances une masse d'eau jaunâtre s'accumuler contre le talus ouest de l'avenue Bonnes-Fontaines et y séjourner plusieurs heures. On devine avec quelle facilité de pareilles nappes d'eau sont la proie de l'évaporation durant les chaudes journées d'été ou de printemps; sans compter les masses d'infiltration souterraines aussi inutilisables que les produits de l'évaporation.

La tête de ravin du Pfaffengarten est encore moins privilégiée. Non seulement ce ravin en est

complètement séparé, mais aucun aqueduc, si modeste soit-il, ne met en communication le seul thalweg qui lui reste au-delà de la route avec sa partie d'en deçà. C'est au point que le plan de Fribourg de 1904 au 1/5000 omet de figurer ce thalweg. Au point de vue morphogénique, c'est donc une cuvette d'alimentation à peu près complètement annihilée.

Un exemple de mutilation d'une tête de ravin dont les effets nuisibles sont faciles à constater se trouve en plein Fribourg.

L'avenue de Pérolles traverse dans toute sa longueur avec une imposante massivité le modelé délicat de la tête du ravin des Charmettes. Aucune communication n'est possible par conséquent entre la partie est et la partie ouest de la cuvette; aussi voit-on à peu près en permanence un amas d'eau considérable baigner le talus Est de l'avenue, entre Jeanne d'Arc et l'Académie Sainte-Croix. Cette eau s'évapore ou s'infiltre dans sa totalité. Elle est donc inutilisable sous sa forme d'eau courante.

N'est-ce pas à la décapitation par la route de Romont que le ravin des Pilettes doit de ne plus modeler son profil d'équilibre en raison de son niveau de base, et de devenir une vallée suspendue?

N'est-ce pas à la suppression de ses cuvettes d'alimentation que le Pfaffengarten doit de prendre cet aspect délabré d'une vallée morte?

Qu'on ne s'y trompe pas, en effet, le modelé

géographique qui n'est plus entretenu dans la fraîcheur de sa vie par l'être qui l'informait tout entier, par l'eau courante en masse proportionnée, ce modelé est destiné à disparaître à brève échéance, si robuste qu'il paraisse.

C'est un jeu de quelques années pour l'érosion subaérienne et la végétation que d'émousser les formes les plus vives et que d'envelopper de décrépitude les modelés les plus hardis, et, partant, les plus pittoresques.

CONCLUSION

La topographie mise au service de l'observation d'un détail du modelé par les eaux courantes nous a révélé un fait géographique qui n'a été étudié nulle part jusqu'ici, que nous sachions (1).

Des expériences de laboratoire nous ont permis de reproduire artificiellement, et suivant des lois invariables, le détail-série que nous voulions interpréter.

Les conclusions que nous avons formulées au sujet de l'importance du bassin d'alimentation dans le régime et le modelé d'une vallée, bien qu'exprimées d'une façon rigide, sont susceptibles

(1) Ce que dit M. A. de Lapparent au sujet des cas de rupture de pente dans le profil longitudinal n'a d'autre rapport avec le détail que nous étudions que celui d'un rapprochement du modelé. V. *Leç. de Géogr. Phys.*, 5^e leçon, *Cas divers de rupture de pente*. Voir aussi PENCK, *Morphologie*, I, p. 331.

M. W. Morris Davis semble indiquer des cas analogues, et probablement identiques, quand il traite des « jeunes plateaux » de l'Arizona. Mais il paraît n'avoir pas été frappé de l'opposition du double modelé. En tout cas, il ne le discute pas. V. W. M. DAVIS. *Physical Geography*, ch. VI, *Plains and Plateaus*, p. 141.

de toutes les modifications que la souplesse des conditions naturelles est en droit d'exiger pour chaque cas particulier.

Enfin, dans l'étude de l'un des nombreux détails qui peuvent se rattacher à la question des têtes de ravin, ses relations avec la route, nous avons été amenés jusqu'à l'évidence à conclure que les détails les plus importants de l'économie générale risquent d'être très mal interprétés s'ils ne sont pas envisagés dans leurs rapports avec les lois de la géographie physique.

